

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Э.А. Петровский

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

21.03.01 «Нефтегазовое дело»

21.03.01.07 «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов  
нефтегазового производства»

Модернизация запорного оборудования

Руководитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент

А.К. Данилов

Выпускник \_\_\_\_\_

К.В. Жуйкова

Красноярск 2017

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Э.А. Петровский

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме бакалаврской работы**

Студенту Жуйковой Ксении Владимировне

Группа ГБ 13-07

Направление подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Профиль 21.03.01.07 «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов нефтегазового производства»

Тема выпускной квалификационной работы «Модернизация запорного оборудования»

Утверждена приказом по университету № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Руководитель ВКР А.К. Данилов, доцент кафедры ТМиОНГК, Институт нефти и газа Сибирского федерального университета

Исходные данные для ВКР: Предметом модернизации является шиберная задвижка ДУ-800. Объектом модернизации является система уплотнения задвижки. Цель модернизации – улучшение эксплуатационных характеристик запорного оборудования. Исходные характеристики, паспорт.

Перечень разделов ВКР:

Введение. Актуальность темы и современное состояние проблемы.

Раздел 1 – Общие сведения. Система задвижек.

Раздел 2 – Технология ремонта и эксплуатации.

Раздел 3 – Обоснование выбора конструкции.

Раздел 4 – Расчет элементов шиберной задвижки ДУ-800.

Раздел 3 – Технологическая часть. Технология изготовления шибера.

Заключение. Выводы по результатам выполненной работы.

Перечень графического и иллюстративного материала: Сборочный чертёж шиберной задвижки ДУ-800. (1 лист, формат А1), спецификация к сборочному чертежу (1 лист, формат А4), чертёж шибера (1 лист, формат А1), чертёж шпинделя (1 лист, формат А4), чертёж ходовой гайки (1 лист, формат А4), чертёж уплотнения (1 лист, формат А4), презентация (12 –16 страниц).

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_

А.К. Данилов

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_

К.В. Жуйкова

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Модернизация запорного оборудования» содержит 68 страниц текстового документа, 12 рисунков, 13 таблиц, 1 приложение, 28 использованных источников, 6 листов графического материала.

ЗАПОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ШИБЕРНАЯ ЗАДВИЖКА, ГЕРМЕТИЧНОСТЬ, АГРЕССИВНАЯ СРЕДА, УПЛОТНЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ.

Цель работы: модернизация шиберной задвижки путем замены уплотнения на новый материал.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- изучении видов запорного оборудования;
- изучение системы задвижек;
- анализ системы уплотнений и проблем шиберной задвижки;
- сравнение физико-механических свойств уплотнительных материалов;
- расчёт параметров шиберной задвижки.

В ходе выполнения выпускной работы была проанализирована информация о видах запорного оборудования, в качестве исследования была выбрана шиберная задвижка ДУ-800, была рассмотрена технология её ремонта, было вынесено предложение по модернизации уплотнений задвижки, а также рассмотрена технология изготовления шибера данной задвижки.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Общие сведения.....	8
1.1 Виды запорного оборудования .....	8
1.2 Система задвижек и область применения .....	14
1.2.1.Функциональное назначение задвижек .....	14
1.2.2 Конструктивные модификации задвижки и её узлов.....	15
1.2.3 Область и условия применения шиберных задвижек .....	25
1.3 Заключение к разделу .....	28
2 Технология ремонта и эксплуатации .....	30
2.1 Техническое обслуживание и критерии предельных состояний .....	30
2.2 Ремонт, транспортировка и хранение .....	32
2.2.1 Технология ремонта шиберной задвижки:.....	32
2.2.2 Дефектация .....	39
2.2.3 Хранение и транспортирование .....	41
2.3 Заключение к разделу и постановка задачи .....	42
3 Обоснование выбора конструкции.....	43
3.1 Система уплотнений шиберной задвижки .....	43
3.1.1 Износ уплотнительных поверхностей .....	43
3.1.2 Уплотнительные материалы .....	44
3.2 Техническое предложение .....	52
3.3 Заключение к разделу .....	53
4 Расчет элементов шиберной задвижки ДУ-800 .....	54
4.1 Усилие на шибер от давления среды .....	54
4.2 Усилие, необходимое для перемещения шибера.....	55
4.3 Силы, действующие на шпиндель.....	56
4.4 Момент трения в резьбе шпинделя .....	57
4.5 Заключение по разделу .....	58
5 Технологическая часть .....	59
5.1 Технология изготовления шибера.....	59
5.2 Заключение к разделу .....	64

Заключение .....	65
Список использованных источников .....	66
Приложение А .....	69

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ведется интенсивная работа по повышению надежности запорного оборудования. Одним из способов данного направления является повышение функциональных возможностей уплотнений. Без этого добиться обеспечения высоких эксплуатационных качеств запорного оборудования не получится. Важным направлением этой работы является разработка новых материалов уплотнений.

Ведь то, насколько успешно уплотнения справятся со стоящими перед ними задачами, во многом зависит не только от конструктивного оформления и качества изготовления уплотнений, но и от используемых для их устройства материалов.

Актуальность по решению задач повышения надежности запорного оборудования обуславливается тем, что повышение эксплуатационных свойств, увеличение межремонтных интервалов и снижение времени на техническое обслуживание приводит к значительной экономии при их эксплуатации.

Цель данной работы, предложить вариант модернизации уплотнения запорного оборудования, а именно шиберной задвижки ДУ800, для повышения её эксплуатационных характеристик.

Задачи данной работы состоят в изучении видов запорного оборудования, изучении системы задвижек и системы уплотнений, предоставлении технического предложения по модернизации шиберной задвижки ДУ800, расчёте основных параметров запорного оборудования, а также технологии изготовления шибера данной задвижки.

## **1 Общие сведения**

### **1.1 Виды запорного оборудования**

Запорные устройства широко используются в оборудовании почти для всех технологических процессов и операций при добыче нефти и газа. В частности, они используются в противовыбросовом оборудовании, в манифольде буровых насосов, в оборудовании для гидроразрыва пласта, для кислотной обработки и во всех промывочных агрегатах, нефтегазопромысловых коммуникациях и сооружениях для сбора, разделения, транспорта пластовой жидкости, нефти и газа, для закачки воды и газа в пласт. Значительная часть этих запорных устройств применяется в оборудовании для первичной переработки нефти и газа и их транспортировки.

Запорные устройства по большей части находятся в открытом положении, при этом через них идет поток жидкости либо газа. Такая арматура закрывается либо для проведения ремонтных работ или при аварии (разрыве трубы). При этом она должна обеспечивать полную герметичность. Чтобы потери при аварии были минимальны, арматуру необходимо закрыть сразу же. Привод запорной арматуры должен быть взрывобезопасным.

Поскольку такая арматура почти постоянно открыта, она должна иметь минимальное гидравлическое сопротивление, чтобы не снижать существенно пропускную способность линии. Такая арматура должна иметь высокую надежность, определяемую легкостью закрытия после длительной эксплуатации в открытом положении, либо наоборот. Для герметичного закрывания арматуры необходимо, чтобы уплотнение было высокостойким к длительному эрозионному воздействию потока добываемой жидкости, который может содержать абразивные частицы[1].

Рассмотрим основные типы запорной арматуры:

- задвижки: запорный элемент перемещается поперек потока;



- клапан: запорный элемент перемещается вдоль потока жидкости без трения о корпус и его детали;
- краны: поворотные запорные устройства, уплотнительные поверхности которых во время работы остаются в контакте друг с другом и защищены от рабочей среды;
- дисковые затворы: наиболее простой вид арматуры, имеющий минимальные размеры, габарит и вес.

Каждый из этих типов поддается более детальному структурированию.

Клапаны – это устройства, которые устанавливаются на трубопровод или сосуд и предназначены для закрытия либо открытия при наступлении некоторых условий, например, изменении направления потока среды в канале, повышении давления. Они бывают односедельные и двухседельные, последние чаще используют как регулирующие и распределительные.

По направлению потока через клапан такую арматуру делят на угловую (поток на выходе перпендикулярен потоку на входе), проходную (направление потока на выходе и входе одинаково) и прямоточную (проходную, в которой спрямлена линия движения потока). Для полного перекрывания потока среды в канале, а также его пуска, исходя из требований технологического процесса, который обслуживается таким трубопроводом, применяется запорный клапан рассмотренный на рисунке 1.1. Он обеспечивает хорошую герметичность как по отношению к внешним условиям, так и в затворе[1].

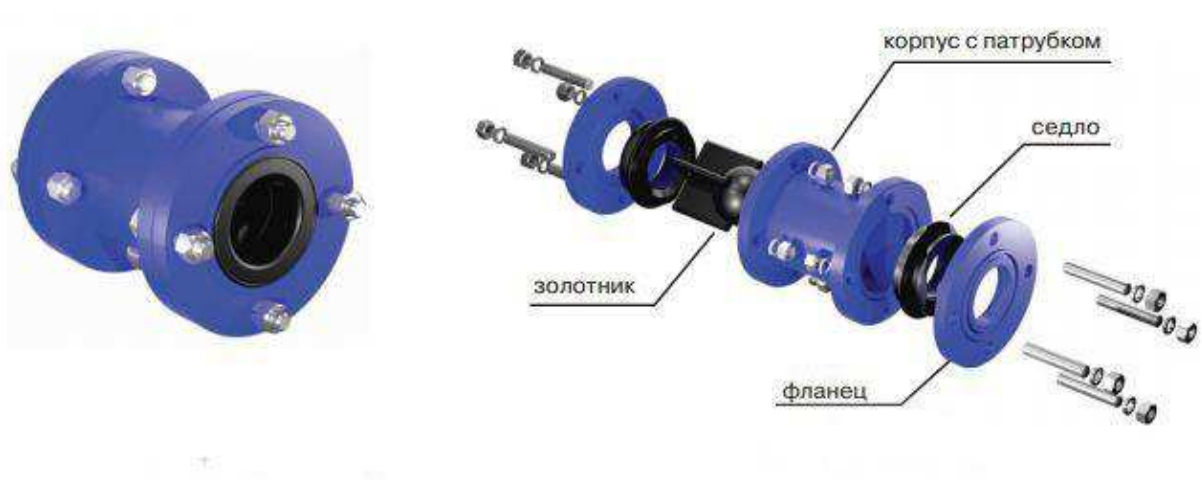


Рисунок 0.1 – Вид и конструкция клапана

Кран может представлять собой запорный, регулирующий или распределительный механизм и предназначается для работы с жидкими (в т. ч. вязкими) и газообразными средами. Для ремонта трубопроводной арматуры такого типа необходимо знание его конструкции и особые навыки. Основными деталями крана являются затвор (пробка) в виде шара, конуса или цилиндра со сквозным отверстием и корпус. Для изготовления элементов применяется латунь, бронза, чугун, сталь, а для агрессивных сред – фарфор, пластмасса и т. д.

Классификация кранов осуществляется по таким признакам:

- направление потока и число патрубков: проходные, трехходовые, угловые, многоходовые;
- характер движения затвора: с отжимом (подъемом) или с вращением (без подъема) затвора;
- тип привода: с гидро-, пневмо-, электроприводом, ручные;
- форма затвора: игольчатые, шаровые, конусные, цилиндрические;
- способ герметизации: натяжные, сальниковые.

Кран управляется путем вращения затвора. При полном закрытии хода среды угол поворота составляет 90 градусов, при меньших значениях происходит частичное перекрытие потока и устройство может применяться в качестве регулирующего механизма[1].

Конструкция крана на примере шарового рассмотрена на рисунке 1.2.

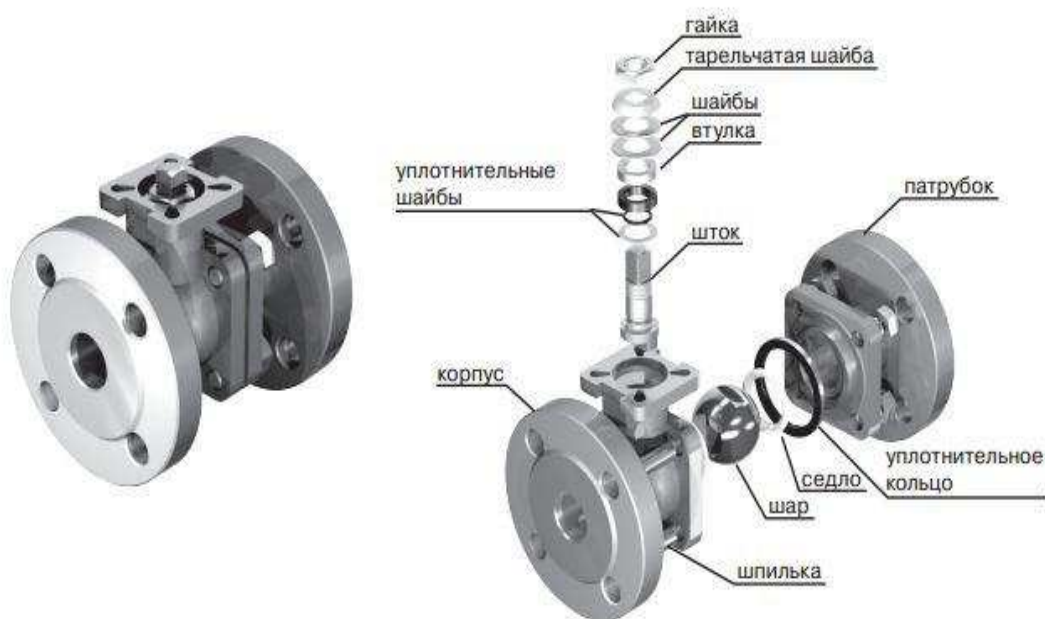


Рисунок 0.2 – Вид и конструкция шарового крана

Затворы представляют собой запорный орган, который выполнен в виде диска, вращающегося вокруг своей оси. Ось диска расположена перпендикулярно или под некоторым углом к направлению движения рабочей среды. Конструкция показана на рисунке 1.3. Используются преимущественно на трубопроводах большого диаметра при невысоком давлении рабочей среды.



Рисунок 0.3 – Вид и конструкция дискового затвора

Управляются при помощи гидропривода, электропривода, вручную. Корпус выполнен, как правило, из чугуна. Поворотный диск изготавливается из стали. Затворы врезаются в трубопровод при помощи сварки или с использованием фланцевого соединения.

Задвижка – одно из устройств запорной арматуры, в котором запорный элемент совершает возвратно-поступательное движение. Передвижение запорного элемента происходит перпендикулярно движению жидкости.

Задвижкам свойственна относительная простота конструкции, а благодаря симметричности этой конструкции их можно использовать при любом направлении движения потока. Задвижки отличаются герметичностью. Их эксплуатируют в самых разных условиях – в широком диапазоне диаметров труб, температур и давлений рабочей среды.

Рабочему органу задвижки не требуется преодолевать давление среды, что позволяет уменьшить усилие, необходимое для его перемещения. Поток рабочей среды движется через задвижку прямо, без смены направлений, поэтому задвижки отличаются малыми значениями коэффициента местного сопротивления в открытом положении.

Основное различие между задвижками состоит в конструкции запорного элемента. Большое значение при выборе задвижки имеет материал, из которого изготовлен корпус[2].



Рисунок 0.4 – Вид задвижки

Рассмотрев различные виды запорной арматуры, было принято решение остановиться на одном из самых распространённых запорных устройств – задвижке, которая имеет ряд преимуществ:

- незначительное гидравлическое сопротивление при полностью открытом затворе;
- отсутствие поворотов потока рабочей среды;
- возможность применения для перекрытия потока среды большой вязкости;
- простота обслуживания;
- возможность подачи среды в любом направлении.

## **1.2 Система задвижек и область применения**

### **1.2.1.Функциональное назначение задвижек**

Задвижка – это тип арматуры, у которой запирающий элемент или регулирующий элемент перемещается перпендикулярно оси потока рабочей среды возвратно-поступательно или возвратно-поворотом. По функциональному назначению наиболее предпочтительным и распространенным для задвижек является применение их в качестве запорной арматуры, то есть арматуры, предназначенной для перекрытия потока рабочей среды с определенной степенью герметичности в затворе. Такой режим работы характерен тем, что запирающий элемент задвижки может находиться либо в положении «открыто», либо в положении «закрыто».

Помимо функции запорной арматуры такое применение задвижек позволяет осуществлять двухпозиционное (дискретное) регулирование потока рабочей среды. В определенных технологических системах допустимо применение задвижек в качестве запорно-регулирующей арматуры (при кратковременно частично открытом затворе). В связи с тем, что такой режим работы резко снижает показатели надежности задвижек как запорной арматуры, он должен особо оговариваться разработчиком в руководстве по эксплуатации задвижек или согласовываться с разработчиком конструкторской документации. Помимо основной функции запорной арматуры – герметичное перекрытие потока рабочей среды, имеются дополнительные функции, такие как: в открытом положении иметь требуемую пропускную способность, которая определяется условным проходом (DN) с учетом коэффициента сопротивления[3].

### **1.2.2 Конструктивные модификации задвижки и её узлов**

Модификация задвижек по основным классификационным признакам может быть представлена в следующем виде:

1. По типу формообразования корпусных деталей:

- литые;
- сварные; кованые (штампованные);
- комбинированные (кованосварные, штампосварные, литосварные);
- из шланга в виде эластичного патрубка.

При выборе формообразования задвижек, в первую очередь, учитываются технические и технологические возможности изготовителей задвижек. Однако, с точки зрения безопасности, определяющими факторами являются:

- стойкость выбранного материала к рабочей среде
- при выбранном способе формообразования;
- качественные характеристики материала;
- ограничения по параметрам применения (давление, температура)

для различных марок материала.

При изготовлении корпусных деталей задвижек из металлов наиболее распространенным формообразованием является литье. Однако при высоких требованиях к качественным характеристикам металла задвижек предпочтение следует отдать кованому (штампованному) или комбинированному (кованосварному, штампосварному) формообразованию.

Для того, чтобы обеспечить требуемую жесткость корпусных деталей из металлических материалов предусматриваются ребра жесткости, которые могут располагаться как на наружной, так и на внутренней поверхностях корпусных деталей. Для шланговых задвижек наиболее распространенным материалом эластичных патрубков являются резиновые смеси.

2. По типу шпинделя задвижки подразделяются на:

- задвижки с выдвижным шпинделем;

– задвижки с невыдвижным шпинделем.

Задвижка с выдвижным шпинделем – задвижка, при открытии которой шпиндель (шток) совершает поступательное движение, выдвигаясь относительно оси присоединительных патрубков на величину хода задвижки.

Задвижки с выдвижным шпинделем находят широкое применение в различных отраслях промышленности, в том числе и для установки на трубопроводах, предназначенных для транспортирования высоко агрессивных, токсичных и взрывопожароопасных сред. Это объясняется, главным образом, тем, что у задвижек с выдвижным шпинделем ходовая резьба шпинделя располагается снаружи, в бугельном узле, и перемещается по ходовой резьбе резьбовой втулки, не находясь в контакте с рабочей средой, что позволяет иметь более ремонтнопригодный узел ходового соединения.

Задвижка с невыдвижным шпинделем – задвижка, при открытии которой шпиндель совершает вращательное движение, а резьбовая его часть постоянно находится во внутренней полости корпуса задвижки. Задвижки с невыдвижным шпинделем имеют ограниченное применение, так как обладают практически только одним преимуществом – меньшими, по сравнению с задвижками с выдвижным шпинделем, габаритами по высоте. Это преимущество делает целесообразным их применение для подземных коммуникаций, колодцев, в качестве нефтяных фонтанных задвижек для установки на «елках» нефтяных скважин и т. п.

У задвижек с невыдвижным шпинделем ходовая резьба шпинделя, по которой перемещается запирающий элемент задвижки, находится непосредственно в рабочей среде, и поэтому нормальная работа резьбовой пары шпиндель – резьбовая гайка может протекать лишь в чистой среде, не засоренной примесями и не приводящей к коррозии ходовой резьбовой пары.

Кроме того, в задвижках с невыдвижным шпинделем затруднены наблюдение, уход и ремонт ходовой резьбовой пары. В последнее время потребляемое количество конструкций задвижек с невыдвижным шпинделем сокращается[3].



3. По типу затвора задвижки подразделяются на варианты:

- с клиновым запирающим элементом (клиновые задвижки);
- с параллельным запирающим элементом (параллельные задвижки).

Задвижка клиновая – задвижка, у которой уплотнительные поверхности затвора расположены под углом друг к другу, и запирающий элемент или регулирующий элемент выполнен в форме клина.

Клиновые задвижки подразделяются на:

- задвижки с цельным клином;
- задвижки с упругим клином;
- задвижки с составным клином.

Задвижки с цельным клином позволяют иметь жесткую, надежную конструкцию, с относительно минимальной металлоемкостью, позволяющую достигнуть высокой степени герметичности в затворе.

Однако, с другой стороны, задвижки с цельным клином:

- требуют высокоточного оборудования для изготовления деталей узла затвора и осуществления ремонта из-за необходимости обеспечения совпадений углов наклона уплотнительных поверхностей седел корпуса и уплотнительных поверхностей клина;

- склонны к заклиниванию при высоких температурах транспортируемой среды, что может привести к возникновению аварийной ситуации из-за невозможности открыть задвижку;

- имеют конструкцию, позволяющую производить ремонт только со снятием с трубопровода, так как требуется специальное оборудование, обеспечивающее совпадение уплотнительных поверхностей запирающего элемента и седла[3].

Задвижки с упругим клином позволяют исключить возможность заклинивания при колебаниях температуры транспортируемой среды.

Задвижки с составным клином подразделяются на:

- двухдисковые без обоймы, диски которых соединены с помощью простейших распорных элементов (валик и т. п.);
- двухдисковые с обоймой, у которых диски вставляются в обойму и крепятся к ней подвижно.

Задвижки с составным клином:

- не требуют специального оборудования для изготовления деталей узла затвора задвижек;
- позволяют обеспечить плотное прилегание уплотнительных поверхностей дисков к уплотнительным поверхностям седел корпуса благодаря гарантированной самоустановке дисков по седлам корпуса.

С точки зрения безопасности основным преимуществом задвижек с составным клином по сравнению с задвижками с цельным или упругим клином является их лучшая ремонтпригодность.

Следует отметить, что конструирование узла затвора клиновых задвижек является сложной задачей, обусловленной тем, что затвор задвижки – это единственный из затворов всех типов арматуры, при проектировании, которого решается 3-х координатная задача. В последнее десятилетие освоен серийный выпуск клиновых задвижек на PN 1,6 МПа для газового хозяйства с упругим уплотнительным элементом в затворе, это позволило в рамках базовых конструкций задвижек с уплотнением «металл по металлу» получить герметичность в затворе по классу «А» ГОСТ 9544-95 (без видимых протечек), причем во всем интервале давлений рабочей среды (от номинального до нуля)[4].

Задвижка параллельная – задвижка, у которой уплотнительные поверхности деталей затвора взаимно параллельны.

Параллельные задвижки имеют несколько конструктивных модификаций.

Однодисковые параллельные задвижки имеют один диск, который прижимается уплотнительной поверхностью к уплотнительной поверхности седла корпуса. Усилие по штоку передается на диск при помощи шарнира,

расположенного в центре диска, или поджимается за счет одного или двух клиновых распоров, расположенных в корпусе.

Двухдисковые параллельные задвижки могут выполняться как с клиновым, так и с пружинным распором.

Шиберная задвижка – параллельная задвижка, у которой запирающий элемент выполнен в форме плоской пластины (шибера). По способу перемещения шибера задвижки шиберные могут быть:

- с шибером возвратно-поступательного типа;
- с шибером поворотного типа.

В шиберных задвижках уплотнение по шиберу осуществляется за счет подвижных подпружиненных седел, которые прижимаются к шиберу за счет пружин, расположенных между корпусом и седлами.

Имеются разновидности шиберных задвижек поворотного типа, состоящие из двух неподвижных дисков с отверстиями, через которые проходит транспортируемая среда. Между этими отверстиями устанавливается подвижный диск, который при повороте вокруг своей оси обеспечивает перекрытие потока среды.

Принцип работы шиберной задвижки заключается в следующем, при повороте маховика, при вращении маховика возвратно-поступательное движение через шпindel передается шиберу, который открывает или закрывает проходное отверстие задвижки. Вид и составные элементы шиберной задвижки представлены на рисунке 1.5. Во избежание эрозионного и коррозионного износа не допускается работа задвижки в полуоткрытом положении затвора[5].

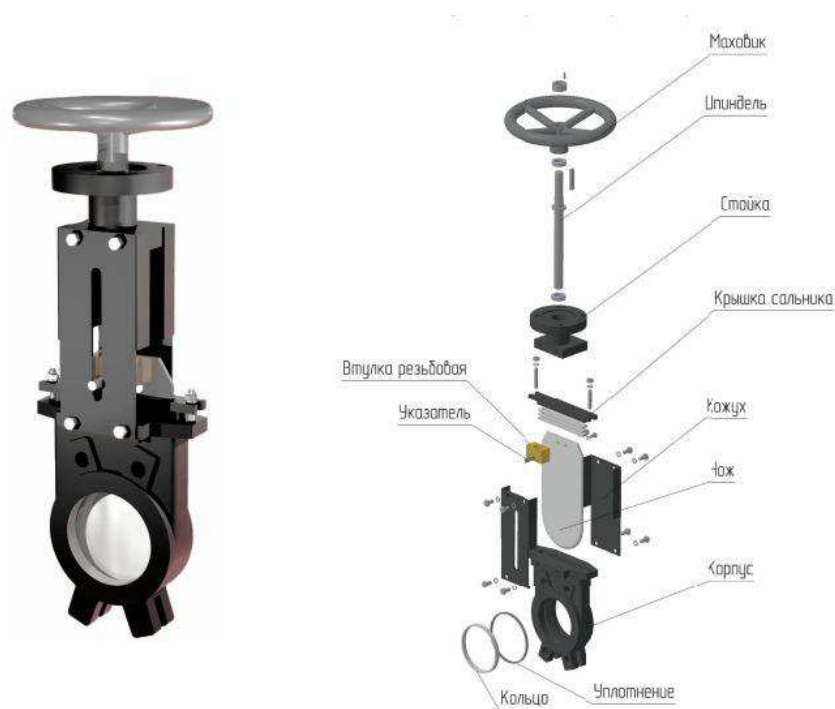


Рисунок 0.5 – Вид и конструкция шиберной задвижки

Гарантированное прилегание контактирующих поверхностей дисков у таких задвижек обеспечивается упругими демпфирующими элементами. Такие параллельные задвижки могут иметь уплотнительные кольца из полимерного материала, который обеспечивает самоуплотнение диска за счет давления транспортируемой среды, действующей на диск, обеспечивая самоуплотнение параллельной задвижки в седле корпуса.

4. По типу уплотнения подвижных элементов относительно внешней среды задвижки могут быть представлены как:

- сальниковые;
- сильфонные;
- с уплотнительными элементами, имеющими эффект самоуплотнения.

Задвижки сальниковые – задвижки, у которых герметизация подвижных деталей (шпинделя, штока) относительно внешней среды обеспечивается сальником.

Сальник (сальниковое уплотнение) – конструктивный элемент подвижных деталей (узлов) трубопроводной арматуры, в котором в качестве уплотнительного элемента применена сальниковая набивка с принудительным созданием радиальных напряжений, необходимых для обеспечения требуемой степени герметичности.

В настоящее время, учитывая терминологию, вошедшую в практику, было бы правильным к сальниковым уплотнениям отнести все конструктивные элементы с использованием упругих и неупругих неметаллических материалов.

При этом сальниковые уплотнения задвижек можно подразделить на следующие основные модификации:

а) без самоуплотнения (с принудительным поджатием или использованием гидрозатвора);

б) с самоуплотнением (под воздействием рабочей среды).

В качестве уплотнительных элементов, имеющих эффект самоуплотнения могут применяться:

- детали из резин (кольца круглого сечения, манжеты и т.п.);
- детали из пластмасс (кольца со специальным профилем);
- жидко-металлические уплотнители, использующие эффект пластических свойств металла при увеличении температуры.

Задвижки сильфонные – бессальниковая арматура, у которой в качестве элемента для герметизации относительно внешней среды подвижных деталей (шпиндель, шток) используется сильфон.

Сильфон – упругая однослойная или многослойная гофрированная оболочка из металлических, неметаллических и композиционных материалов, сохраняющая плотность и прочность при многоцикловых деформациях сжатия, растяжения, изгиба и их комбинаций под воздействием внутреннего или внешнего давления, температуры и механических нагрузений. В данном случае сильфон применяется в качестве герметизирующего элемента[5].

5. По типу передачи усилия управления к запирающему элементу задвижки могут быть:

- с приводом вращательного типа;
- с приводом поступательного типа.

6. По виду управления задвижки могут быть:

- с ручным управлением от маховика (штурвала);
- с ручным управлением через редуктор;
- с электроприводом;
- с пневмоприводом;
- с гидроприводом;
- действующие от рабочей среды.

При наличии электро-, пневмо- или гидропривода задвижки снабжаются ручным дублером управления для того, чтобы иметь возможность управлять задвижкой при отсутствии электрической энергии или давления в системе управления задвижкой.

В специфических условиях эксплуатации для снижения усилий, необходимых для открывания задвижки и уменьшения вероятности возникновения гидравлического удара в системе, задвижки снабжаются обводом. В задвижках применяется только наружный обвод. Он ставится, как правило, на задвижках больших диаметров прохода и на меньших диаметрах прохода при больших давлениях транспортируемой среды.

Модификация задвижек по основным классификационным признакам лежит как в основе терминологии и условных обозначений по таблицам фигур, так и силового расчета.

Следует обратить внимание, что большое количество факторов (в том числе еще и недостаточно изученных), влияющих на результат силового расчета, требует обязательной адаптации методики силового расчета задвижки практически в каждом конкретном случае[5].

Из конструктивных модификаций отдельных деталей и узлов задвижек следует выделить следующее:

1. По типу присоединения к трубопроводу задвижки подразделяются на:

- фланцевые;
- под приварку;
- муфтовые;
- цапковые;
- с комбинированным присоединением.

Наибольшее распространение имеют задвижки с присоединением к трубопроводу при помощи фланцев. Уплотнение разъема между фланцами осуществляется прокладками из различных материалов в зависимости от химического состава транспортируемой среды, конструкции фланца, давления и температуры. Для опасных производственных объектов конструкции фланцев оговорены требованиями ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» [6,7].

Хорошо зарекомендовал себя в эксплуатации метод приварки задвижек к трубопроводу без применения фланцев. Отсутствие фланцев предотвращает возможные протечки в соединении с трубопроводом, уменьшает массу задвижек, снижает количество деталей, способствует улучшению экологии вследствие повышения надежности и безопасности.

Однако демонтаж задвижек, в случае снятия корпуса задвижки с трубопровода для ремонта, при этом несколько усложняется. Эксплуатация подтвердила, что положительные качества и надежность приварного соединения задвижек с трубопроводом значительно превосходят недостатки. Поэтому такое присоединение стальных задвижек к трубопроводу находит широкое применение в промышленности. В некоторых случаях задвижки малых проходов могут присоединяться к трубопроводу при помощи муфт или цапф[7].

В особых случаях имеют место задвижки с комбинированным присоединением к трубопроводу.

2. По типу соединения «корпус-крышка» (основного разъема) задвижки подразделяются на:

- фланцевые;

- на резьбе;
- бесфланцевые.

В соединении корпуса с крышкой в задвижках низкого и среднего давления, в преобладающем большинстве, применяется фланцевое соединение. Между фланцами для уплотнения разъема устанавливаются прокладки из различных материалов в зависимости от химического состава транспортируемой среды, давления, температуры и конструкции собственно фланцевого соединения. Однако опыт эксплуатации показывает, что при высоких давлениях и при высоких температурах фланцевые соединения не всегда обеспечивают надежную герметичность. Колебания температуры, изменения сил, действующих на фланцевое соединение, создают возможность пропуска среды, поскольку усилия от давления среды и усилия вдоль шпинделя действуют в сторону разуплотнения прокладочного стыка.

Перспективной альтернативой фланцевым соединениям являются конструкции бесфланцевого соединения корпуса с крышкой, при которых давление среды и усилие вдоль шпинделя действуют в сторону самоуплотнения соединения.

Для обеспечения герметичности соединения корпуса с крышкой применяется бесфланцевое самоуплотняющееся соединение с упорным кольцом.

При монтаже бесфланцевого соединения вначале производится предварительный затяг уплотнения, благодаря чему прокладка фасонного профиля заклинивается между соответствующим конусом крышки и поверхностью корпуса. При возникновении давления транспортируемой среды обеспечивается надежная герметичность такого соединения.

Для уплотнения бесфланцевых соединений применяются металлические, неметаллические или комбинированные кольца[7].

### 3. Уплотнительные поверхности элементов узла затвора.

Уплотнительные поверхности седел корпуса и запирающих элементов для повышения надежности выполняются с твердыми наплавками из различных



материалов, обеспечивающих надежную герметичность в затворе в условиях длительной эксплуатации.

Кроме того, задвижки для загрязненных сред и пульп могут иметь в запирающем элементе и седлах корпуса втулки, выполненные из специального материала, например, керамики.

#### 4. Бугельный узел.

При управлении задвижками в шпинделе возникают значительные осевые усилия, воспринимаемые буртом шпинделя или буртом гайки, расположенными в бугельном узле. В опоре бурта возникает большой момент от силы трения, для уменьшения которого в бугельном узле устанавливаются подшипники качения. Благодаря этому значительно снижается необходимая мощность привода. Подшипники качения устанавливаются в бугельном узле задвижек как с ручным управлением, так и с электроприводом. Задвижки больших и средних проходов, работающие при высоких давлениях среды, снабжаются упорными подшипниками[7].

### 1.2.3 Область и условия применения шиберных задвижек

Задвижки шиберные преимущественно используются в целлюлозно-бумажной, металлургической, горнодобывающей отраслях промышленности, а также в промышленных установках специального назначения. Задвижки шиберные применяются в качестве запорной и регулирующей арматуры на трубопроводах, транспортирующих рабочие среды, содержащие абразивные частицы или волокна.

Перечень технологических процессов, для которых имеет принципиальное значение свойственное шиберным задвижкам умение управляться с абсолютно неприемлемыми для многих других разновидностей трубопроводной арматуры материалами, очень широк.

- Горнодобывающая промышленность

Важнейший сегмент горной отрасли – обогащение полезных ископаемых. По мере истощения запасов рудного и нерудного сырья и снижения в его составе доли полезных компонентов, значение обогащения только увеличивается.

Шибберные задвижки широко используются в технологических установках обогатительных фабрик для обеспечения эффективности процессов транспортировки, промывки, химической обработки, дозирования сырья, классификации и подготовки пульпы, отвода фильтрата и многих других операций[8].

– Нефтегазодобывающая промышленность

Наряду с горнодобывающей отраслью становой хребет российской экономики составляет нефтегазовая промышленность.

Шибберные задвижки входят в состав фонтанной арматуры, используемой при добыче углеводородов, а также их устанавливают на магистральных нефтепроводах, где они служат гарантом немедленного перекрытия потока сырой нефти.

– Химическая промышленность

Шибберные задвижки монтируют на производственно-технологических линиях, обеспечивающих выпуск широкого спектра химической продукции – аммиака, ароматических углеводородов, жидкого стекла, мастик, минеральных удобрений, парафинов, растворителей, кислот и др.

– Производство строительных материалов

Шибберными задвижками комплектуют установки для промывки песка, изготовления сыпучих и гранулированных материалов — гипса, доломита, извести, мела.

Шибберные задвижки широко используют в оборудовании для производства цемента.

– Электроэнергетика и коммунальное хозяйство

Шибберные задвижки применяют в электроэнергетике, включая такой ответственный сегмент этой отрасли как атомная энергетика. В частности,

шиберные задвижки производства компании АРМАТЭК поставлены на Ростовскую АЭС.

Шиберные задвижки устанавливают городские водоканалы на водопроводных и канализационных сетях. Они чрезвычайно эффективны при комплектации оборудования, обеспечивающего транспортировку производственных и коммунальных стоков к местам переработки.

Шиберные задвижки с успехом применяют в целом ряде не перечисленных выше отраслей — пищевой, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей, металлургической, текстильной. А также в сельском хозяйстве, на очистных сооружениях и во многих иных направлениях технологий[7].

Особенности конструкции шиберных задвижек делают их присутствие особенно уместным в трубопроводных системах, обеспечивающих перемещение сложных рабочих сред.

Например, сред, отличающихся высоким содержанием механических включений, обладающих повышенной вязкостью, пульпообразных (пульпа образуется при смешивании твердых частиц и жидкости) и даже сыпучих[8].

Основные среды, для которых предназначены шиберные задвижки:

- Жидкость + твердые частицы

Такие смеси встречаются во многих отраслях и являются основной средой, на которую рассчитаны шиберные задвижки. При этом смеси могут варьироваться по составу, их обычно называют шламом или пульпой. Для шлама характерно наличие относительно мягких, более мелких включений, в то время как для пульпы — более твердых и абразивных.

Массовая доля твердых включений — от нескольких десятых долей процентов и до 70%. Твердые включения могут быть в виде очень мелкого порошка или смеси порошка и более крупных частиц. Как правило, такая среда однородна только когда постоянно взбалтывается и хорошо перемешана; когда же она застаивается (например, в неподвижной трубе или сосуде), частицы имеют тенденцию оседать, образуя два отдельных слоя — твердых включений и

жидкости. Если теперь жидкость отвести, остатки высохнут, отвердеют или зацементируются.

Все эти факторы создают немалые проблемы в обеспечении эффективной работы задвижек.

- Сыпучие среды

Здесь речь главным образом о дозировании сред в бункерах и хранилищах типа элеватора. Такие системы применяются в самых разных отраслях промышленности.

- Порошкообразные среды + газ

Задвижки устанавливаются на системы пневмотранспорта порошкообразных сред, также широко применяемые в различных отраслях.

- Газ

Некоторые конструкции шиберных ножевых задвижек могут эксплуатироваться для сред с высокой рабочей температурой и термоциклическостью с большей эффективностью, чем любая другая арматура. Примером тому может служить их применение в системах регенерации тепла отработавших газов и производства технического углерода[7].

Примеры типичных рабочих сред шиберных задвижек: целлюлоза, сточные воды и техническая вода, рудный шлам, меласса, угольная аэросмесь, зольная пульпа и пульпа нефтеносного песка, порошки, суспензии, цемент, зольная пыль, сажа, черный и зеленый щелок, пульпа фосфатной руды[8].

### **1.3 Заключение к разделу**

В ходе выполнения данного раздела были рассмотрены основные виды запорного оборудования их назначение и принцип работы. А также на основе изложенной выше информации, в качестве объекта для модернизации, было решено взять шиберную задвижку, которая помимо того, что обеспечивает надежное прерывание потока, обладает еще целым рядом преимуществ:

- высокая скорость управления потоком, в отличие от клиновых задвижек они перекрывают сечение трубопровода быстрее;

- способность ножа прорезать поток любой консистенции;
- высокая ремонтпригодность;
- габаритные размеры шиберных изделий меньше чем у других типов запорной арматуры.

## **2      Технология ремонта и эксплуатации**

### **2.1 Техническое обслуживание и критерии предельных состояний**

Шибберные задвижки относятся к классу ремонтируемых восстанавливаемых изделий с регламентированной системой технического обслуживания и регламентированной системой восстановления[9].

Технико-эксплуатационные характеристики:

- назначенный срок службы – не менее 30 лет;
- назначенный срок службы выемных частей и комплектующих изделий – 20 лет;
- назначенный ресурс – 3000 циклов;
- наработка на отказ – не менее 750 циклов.

Критерии отказов:

- потеря герметичности по отношению к внешней среде по корпусным деталям:

- а) разрушение, с выбросом рабочей среды в атмосферу;
- б) разрушение уплотнительных поверхностей корпусных деталей;
- в) потение, капельная течь.

- потеря герметичности по отношению к внешней среде по сальниковому уплотнению:

- а) разрушение сальника, с выбросом рабочей среды в атмосферу;
- б) потеря герметичности в сальнике, не устранимая подтяжкой.

- потеря герметичности по отношению к внешней среде по неподвижным соединениям:

- а) разрушение уплотнительного элемента;
- б) потеря герметичности, устранимая подтяжкой.
- потеря герметичности в затворе;
- невыполнение функции «закрыто»;
- невыполнение функции «открыто».

Критериями предельного состояния задвижек являются:

- начальная стадия нарушения целостности корпусных деталей (потение, капельная течь);
- достижение назначенных показателей;
- разрушение основного материала и сварных соединений корпусных деталей;
- изменения геометрических размеров и состояния поверхностей внутренних деталей, в том числе и корпусных, влияющих на функционирование задвижек, в результате эрозионного, коррозионного и кавитационного разрушений;
- превышение крутящего момента, необходимого для открытия (закрытия) задвижек более чем на 10%, приводящее к срабатыванию муфт ограничения крутящих моментов электропривода[9].

Перечень возможных неисправностей в процессе эксплуатации задвижки представлен в Таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Возможные неисправности шиберной задвижки

Неисправность	Причина	Способ устранения
Протечка через сальник	1. Ослаблена гайка фланца прижима. 2. Недостаточно сальниковых колец. 3. Сальник старый или неправильно установлен. 4. Поврежден шпindel.	1. Затянуть гайки с нужным усилием. 2. Добавить сальниковые кольца. 3. Заменить сальниковое уплотнение. 4. Периодически обслуживать шпindel.
Протечка между уплотняемыми поверхностями	1. Загрязнение между поверхностями. 2. Поверхности повреждены.	1. Очистить уплотняющие поверхности. 2. Отремонтировать уплотняющие поверхности.

Продолжение таблицы 2.1- Возможные неисправности шиберной задвижки

Задвижка не работает	1. Слишком сильная затяжка сальника. 2. Износ резьбы гайки шпинделя. 3. Изгиб шпинделя. 4. Посторонние тела между шпинделем и гайкой или между сальником и прижимом сальника.	1. Ослабить гайки прижима сальника. 2. Заменить гайку шпинделя. 3. Выправить или заменить шпиндель. 4. Удалить постороннее тело.
Протечка между корпусом и крышкой	1. Ослаблены болты крепления. 2. Повреждена прокладка	

## 2.2 Ремонт, транспортировка и хранение

### 2.2.1 Технология ремонта шиберной задвижки:

Текущий ремонт проводится для устранения возможных неисправностей без остановки перекачки нефти:

- устранение неисправностей электропривода/редуктора;
- подтяжка сальникового уплотнения шпинделя;
- подтяжка разъемных соединений дренажного трубопровода;
- подтяжка соединений: корпус - крышка, крышка - колонна, колонна – бугельный узел, бугельный узел – электропривод/редуктор;
- промывка корпуса задвижки.

Средний ремонт проводится для устранения неисправностей, требующих частичной разборки задвижки и остановки перекачки нефти (без вырезки из трубопровода):

- ремонт элементов затвора;
- ремонт сальникового уплотнения шпинделя;
- замена шпинделя;



- замена уплотнительных колец соединения корпус – крышка.

Капитальный ремонт связанный с вырезкой задвижки из трубопровода, проводится на специализированном предприятии и включает в себя ремонт корпусных деталей задвижек[9,10].

При разборке и сборке задвижек необходимо:

- выполнять указания мер безопасности, изложенные в настоящем РЭ и в эксплуатационной документации;
- предохранять направляющие и сопрягаемые поверхности деталей от повреждений;
- обесточить электропривод;
- снизить давление в трубопроводе до нуля, освободив его от наличия среды;
- исключить возможность падения деталей в корпус;
- соблюдать порядок разборки и сборки задвижек.

#### 1. Разборка, очистка, обнаружение дефектов.

Успешное выполнение ремонта арматуры в значительной мере зависит от того, как была сделана разборка. Перед разборкой необходимо ознакомиться с инструкциями и чертежами, которые имеются по данной арматуре, а также проверить комплектность и только после этого приступить к разборке. Трудно снимающиеся детали, собранные по неподвижным посадкам и длительное время не разбиравшиеся, следует разбирать с помощью гидравлических съемников. Когда их невозможно применить, можно пользоваться молотками или кувалдами, но удары должны наноситься через мягкую подкладку. Для облегчения съема можно подогревать схватывающую деталь нагретым маслом, паром или огнем[9,10].

В самом начале демонтируется маховик, из которого извлекается ходовая гайка.

Далее из крышки корпуса вывинчиваются стопорные винты крышки сальника. Если поломка связана с узлом – шпиндель сальник, то после удаления

крышки нужно просто демонтировать уплотнитель и заменить его новым, неповрежденным узлом.

После демонтажа (и, если нужно, замены) сальника необходимо разобрать фланцевое соединение на стыке корпуса и его крышки. Для этого из посадочных отверстий в корпусе выкручиваются монтажные винты крышки. Сняв крышку можно извлечь из корпуса шпindel и втащить из седла заслонку. На этом этапе можно выполнить чистку заслонки и седла корпуса, попутно заменив уплотнительные элементы.

Кроме того, очень часто заслонку просто меняют на новую деталь, аналогичной формы. Ведь все узлы задвижек стандартны, следовательно, проблем с подбором работоспособного элемента у слесаря быть не может.

Заменив или отреставрировав заслонку можно приступать к сборке задвижки, которую выполняют в обратном порядке[10].

## 2. Промывка деталей.

При разборке арматуры следует произвести очистку с последующей промывкой всех ее составных частей. Основные способы промывки деталей приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Способы промывки деталей

Способ промывки	Оборудование	Моющий раствор
Ручной	Ванна с сеткой (целесообразно иметь две ванны для предварительной и окончательной промывки). После выдержки в растворе очистка щетками, обтирочными материалами. Крючками. Грязь оседает под сеткой.	Керосин, бензин

Продолжение таблицы 2.2- Способы промывки деталей

В баках	Передвижной или стационарный бак, в нижней части которого имеется трубка для электроспирали или змеевик для подогрева моющего раствора до 80—90°C. Детали располагаются на сетке.	1. 3—5%-ный раствор кальцинированной соды в воде. 2. По 30 г тринатрийфосфата и кальцинированной соды на 1 л раствора.
Моечной машиной	Моечная машина (стационарная или передвижная, однокамерная только для промывки, двухкамерная для промывки и ополаскивания и трехкамерная для промывки, ополаскивания и сушки). В моечной машине горячий моющий раствор (температурой 80—90°C) подается на детали под давлением душевой установки. Детали размещают на сетке или на тележке, которую закатывают в моечную установку.	3. 10%-ный водный раствор каустической соды. 4. 0,1—0,2% каустической соды, 0,4% тринатрийфосфата, 0,15—0,25% нитрата натрия, остальное — вода.

Промывку деталей производят последовательно в горячем растворе, затем в чистой горячей воде. после чего детали тщательно высушивают. Детали со шлифованными и полированными поверхностями рекомендуется промывать отдельно. В щелочных растворах нельзя мыть детали из цветных металлов, резины, пластмасс, тканей. Нагар удаляют скребками, шаберами, стальными щетками или химическим способом: детали выдерживают в течение 15—25 мин в растворе, состоящем из 3,5% эмульсола, 0,15% кальцинированной соды и воды (температура раствора 60—80 С) [11].

### 3. Реставрация корпуса.

Производится антикоррозийная обработка, под уплотнительные элементы протачиваются канавки, выполняется наплавка.

### 4. Устранение дефектов крышки и корпуса выборкой металла.

### 5. Восстановление герметичности узла.

Закрепляются уплотнительные элементы в различных комбинациях, соответственно типу задвижки. Отработанные седла и шиббер устраняют, устанавливают новые.

### 6. Шпиндель восстанавливается наплавкой, производится калибровка резьбы.

7. Полная реставрация сальникового узла путем замены уплотнительных элементов (подшипники, сальники, манжеты, нажимное и опорное кольцо).

8. Устанавливаются новые тарельчатые пружины, уплотнительные кольца, щитки и нагнетательный клапан.

9. Восстанавливается или вытачивается новый штурвал.

10. Проводятся испытания (гидравлические или пневматические) и диагностика на герметичность, прочность узла.

11. Заполнение корпуса смазкой

12. Изделие консервируется и окрашивается.

Каждое из ремонтируемых изделий проходит несколько ступеней контроля: визуальный, технический и инструментальный, согласно законодательным актам РФ и требованиям предприятий-производителей[11,12].

Стоимость ремонтных работ по восстановлению задвижек арматуры в большинстве случаев составляет от 30 до 50% первоначальной стоимости изделия. При этом сохраняются технические и эксплуатационные характеристики, продлевается срок службы, повышается эффективность работы системы трубопровода.

Предпочтительно делать замену изношенных или дефектных деталей на новые, чем ремонтировать старые. Для замены предпочтительней использовать фирменные запчасти. Если фирменные запчасти по какой-то причине не доступны, пользователь может самостоятельно произвести некоторые запчасти по технической документации компании[12].

Замечания при зачистке уплотнений:

Чаще всего ремонт заключается в зачистке уплотнений. Для этого необходимо извлечь запорный механизм из корпуса арматуры.

При очистке уплотнения при помощи ножа, необходимо следить за тем, чтобы его лезвие находилось в контакте со всей поверхностью уплотнителя, в противном случае это может привести к образованию новых царапин.

При наличии на поверхности диска небольших царапин, можно выполнить притир элементов по месту. Грубую притирку можно выполнять с помощью закрепленной на основе наждачной бумаги, окончательная доводка выполняется при помощи специальных паст, из которых выделяют пасту ГОИ, позволяющую качественно отшлифовать поверхность диска.

Если повреждения на уплотнительных элементах значительны (царапины более 0,5 мм глубиной), то должна быть выполнена замена запорного механизма, ручной притиркой такие дефекты обычно устранить не получается. Для того чтобы не останавливать работу магистрали надолго, необходимо иметь запас запасных частей, можно использовать комплектующие от старых задвижек, вышедших из строя по другим причинам[12,13].

Детали подвергающиеся замене: шиббер, пробка, седло, выдвижной шпиндель, невыдвижной шпиндель, гайка ходовая, кольца уплотнительные, направляющая пластина, нагнетательный клапан, уплотнения шпинделя и седла.

Где производится ремонт оборудования:

Запорную арматуру в зависимости от степени износа деталей и узлов и категории ремонта ремонтируют в арматурной мастерской или непосредственно на месте установки ее. Обычно крупную арматуру не снимают и ее разборку и сборку производят на месте.

При современной тенденции к увеличению продолжительности эксплуатационного периода ремонт трубопроводной арматуры должен базироваться на заводском методе. Увеличить продолжительность эксплуатации основного оборудования можно в том случае, если демонтировать арматуру на энергоблоке и доставлять ее в цех для разборки и ремонта, а на месте демонтированной арматуры монтировать новую или заранее отремонтированную и испытанную. Естественно, что демонтаж на энергоблоке и отправка ее в цех для ремонта целесообразны лишь при капитальном ремонте[13].

Оборудование для ремонта арматуры:

Орбитальные шлифовальные машины - машина идеально подходит для шлифования и притирки шпинделя и затворных плоскостей корпуса задвижки.

Оснащены пневматическим приводом, давлением 6-7 бар. Возможно исполнение с электрическим приводом, 220-240 В, однофазный, 50-60 Гц.

Диапазон размеров арматуры: от 10" до 40"

Орбитальная машина является лёгкой и очень надёжной шлифовальной и доводочной машиной. Применяется для восстановления повреждённых мест клапана. Уникальная конструкция делает эту машину универсальной, предназначенной для обработки вертикальных и горизонтальных уплотнительных участков арматуры[13,14].

Стационарные шлифовально-притирочные станки для обратных и предохранительных клапанов, вентилях и задвижек.

Данная система разработана для ремонта широкого спектра арматуры применяемой в современных технологических процессах. Система имеет механизм крепления арматуры для удобной работы с ней [14].

Плоский доводочный станок - предназначен для тонкой настольной притирки сёдел.

Для выполнения работ по притирки рабочих поверхностей применяются специальные внутришлифовальные и плоскошлифовальные станки.

В оборудование для ремонта запорной арматуры входят также и такие устройства как притиры. Их форма должна подбираться к каждой задвижке индивидуально, для получения максимального качества обработки, конфигурации поверхностей должны быть практически идентичными. Материал, из которого изготавливают притиры, должен быть более мягок, чем поверхности устройств. Это облегчит поиск неровностей на поверхности рабочих частей устройства.

Работа выполняется с применением специальной притирочной пасты, включающей в себя абразивные материалы. Окончательная обработка должна осуществляться с использованием составов на алмазной основе. После

завершения работ по притирке, все остатки материалов должны быть смыты с поверхностей задвижки машинным маслом.

### **2.2.2 Дефектация**

При дефектации арматуры выполняют обмер рабочих поверхностей для установления величины износа и определения пригодности составных частей к дальнейшей работе, проверку зазоров между сопрягаемыми составными частями в основных сборочных единицах арматуры.

При дефектации арматуры и для контроля качества после ремонта следует использовать один (или в сочетании с другими) из методов контроля: визуальный; замер; просвечивание; люминесцентный; магнитную дефектоскопию; ультразвуковую дефектоскопию; цветную дефектоскопию; гидроиспытание на прочность и плотность[15].

Применение тех или иных методов контроля должно быть оговорено в технической документации на ремонт арматуры.

Последовательность применения указанных методов контроля определяется технологическими процессами, однако визуальный контроль должен предшествовать любому другому[16].

Визуальному контролю подлежат все составные части арматуры, за исключением составных частей, не допускаемых к повторному использованию (прокладки, набивки и пр.). При визуальном контроле особое внимание уделяют местам, наиболее подверженным коррозионному, эрозионному и механическому изнашиванию (уплотнительные поверхности затвора, регулирующего органа, цилиндрические поверхности затвора, регулирующего органа, цилиндрические поверхности шпинделей, штоков, грундбукс, колец сальника и т.д.) . Визуальный контроль уплотнительных поверхностей производить с применением лупы 4—7-кратного увеличения.

При инструментально-измерительном контроле проверяется:

- диаметр проходного сечения;

- разделка стыковых кромок под сварку (толщина стенок) должна быть в соответствии с заказными спецификациями на арматуру;
- параллельность фланцев корпус-крышка.

Испытание на плотность металла и герметичность соединений в зависимости от назначения арматуры и условий эксплуатации проводят различными методами: гидравлическими, пневматическими, различными течеискателями и т.п.

Нормы трудоемкости человеко-часов на техническое обслуживание в зависимости от диаметра задвижек от 50мм-1200мм варьируются от 0,2- 8,0 чел.часов и представлены в таблице 2.3. На текущий ремонт варьируются от 1,2-16,0 чел.-часов для тех же типоразмеров задвижек[16].

Таблица 2.3 – Продолжительность ремонта

Наименование оборудования	Нормы трудоемкости, чел.-ч	
	Техническое обслуживание	Текущий ремонт
Задвижки стальные диаметром:		
50 - 80 мм	0,2	1,2
100 - 150 мм	0,7	1,8
180 - 250 мм	1,0	3,3
300 - 400 мм	1,3	4,8
500 - 700 мм	2,7	8,3
800 мм	4,0	10,0
1000 мм	5,0	12,0
1200 мм	8,0	16,0
Задвижки стальные диаметром:	0,2	1,2



### 2.2.3 Хранение и транспортирование

Задвижки и комплектующие к ним поставляются и хранятся в упаковке предприятия-изготовителя. Тара для упаковки выполнена в соответствии с действующими на предприятии стандартами.

До монтажа задвижки должны храниться в упаковке завода-изготовителя в складских помещениях или под навесом. При этом должна обеспечиваться сохранность упаковки.

При длительном хранении (более 6 месяцев со дня изготовления) периодически, не реже двух раз в год, необходимо проводить осмотр задвижек, удалять обнаруженную грязь, ржавчину и при необходимости восстанавливать консервацию. В качестве антикоррозионных масел или смазок рекомендуется применять консервационное масло К-17 ГОСТ 10877-76 и смазку пушечную ГОСТ 19537-83[17,18].

Магистральные отверстия задвижек должны быть плотно закрыты заглушками, снимать которые разрешено только перед установкой задвижки в трубопровод.

Задвижки можно транспортировать любым транспортом, на любое расстояние в упаковке завода-изготовителя с обязательным соблюдением следующих требований:

- задвижки должны быть надежно закреплены внутри ящика или на поддоне;
- при погрузке и разгрузке не допускается бросать и кантовать задвижки;
- при перевозке упакованные задвижки должны быть закреплены на транспортных средствах.

Погрузка, разгрузка, транспортирование и складирование арматуры должны проводиться аттестованным персоналом с соблюдением требований безопасности при выполнении данных работ[19].

### **2.3 Заключение к разделу и постановка задачи**

В ходе данного раздела были освещены технико-эксплуатационные характеристики шиберной задвижки и критерии её отказов, а также технология ремонта и причины выхода из строя. Проанализировав данные, была выявлена одна из наиболее часто встречающихся проблем нашего оборудования – износ уплотнений.

Таким образом, задачей нашей дальнейшей работы является поиск такого материала уплотнения, который повысит эксплуатационные характеристики шиберной задвижки.

### **3 Обоснование выбора конструкции**

#### **3.1 Система уплотнений шиберной задвижки**

Шиберные задвижки могут выполняться с уплотнением металл по металлу (металл/металл) или с применением более герметичных мягких уплотнений из синтетических материалов.

Уплотнения арматуры выполняют важную функцию, ведь герметичность определяет надежность трубопроводной арматуры, а потому является ее наиважнейшим качеством. Герметичность обеспечивают различные уплотнения: уплотнение затвора арматуры, сильфонное уплотнение, сальниковые уплотнения арматуры, уплотнения между отдельными фрагментами — крышкой и корпусом, например. Есть еще уплотнения соединительных патрубков, где используют материалы для уплотнения резьбовых соединений и материалы для уплотнения фланцевых соединений. Как свидетельствует статистика, более половины случаев выхода трубопроводной арматуры из строя происходит по причине износа уплотнительных поверхностей, приводящего к снижению герметизирующей способности уплотнительных соединений [20].

##### **3.1.1 Износ уплотнительных поверхностей**

Износ уплотнительных поверхностей — явление многогранное, включающее не только наиболее очевидный механический износ, возникающий из-за трения контактирующих поверхностей при открытии и закрытии затвора арматуры, но также коррозионный и эрозионный износ. Коррозионный износ обусловлен воздействием рабочей среды, а его масштабы — ее агрессивностью, т. е. химической активностью, проявляющейся в готовности вступать в химические реакции с материалом уплотнения. Эрозионный износ уплотнительных поверхностей — следствие

газодинамического или гидродинамического воздействия на них рабочей среды. Особенно высокой эрозионной стойкостью должны обладать материалы уплотнений трубопроводной арматуры, работающей при высоком давлении.

Наиболее интенсивному износу подвержены подвижные элементы уплотнений. Так, в очень сложных условиях функционируют уплотнительные кольца в самом распространенном типе трубопроводной арматуры — задвижках, при каждом открывании-закрывании запорного органа которых имеет место интенсивное трение уплотнительных поверхностей затвора.

Степень износа уплотнительных поверхностей зависит от того, насколько внутренняя структура материала уплотнения способна противостоять действию внешних нагрузок с учетом таких их особенностей, как характер распределения, вид, интенсивность[20].

### **3.1.2 Уплотнительные материалы**

Классифицируя материалы, используемые для изготовления запорной арматуры, те из них, которые служат для обеспечения герметичности, часто разделяют на несколько групп — уплотнительные, прокладочные, герметизирующие[21].

Уплотнительные материалы применяют для создания уплотнительных поверхностей затворов. Прокладочные — для изготовления уплотнительных прокладок. Герметизирующие — для герметизации узлов прохода через крышку корпуса шпинделя или штока. Такое разделение, несмотря на то, что всеми перечисленными категориями материалов решается общая задача — обеспечить заданную герметичность арматуры — объяснимо, поскольку в наборе требований, которым они должны соответствовать, существуют определенные различия. Так, наряду с необходимой всем им упругостью, материалы уплотнения затворов обязательно должны обладать антифрикционными свойствами, совсем необязательными для прокладочных материалов.

Материалы для уплотнений в затворах трубопроводной арматуры «металл по металлу».

Уплотнения затворов «металл по металлу» позволяют обеспечивать эффективную работу трубопроводной арматуры в условиях высокой температуры и давления при управлении сложными — агрессивными, пожароопасными, токсичными и проч. — рабочими средами.

Одно из распространенных технических решений — когда уплотнительные поверхности запирающего элемента и корпуса получают путем шлифовки и доводки металлов, из которых они выполнены. Т. е. нет наплавленных или вставных колец. В этом случае материалом уплотнительной поверхности служат медные сплавы в латунной и бронзовой арматуре, углеродистая или легированная сталь — в стальной, чугун — в чугунной. Если таким образом обеспечить требуемое качество уплотнительной поверхности не получается, применяют специальные уплотнительные материалы[22].

Для стальной и чугунной арматуры это — устанавливаемые на седлах уплотнительные кольца из бронзы, латуни, монель-металла, различных специальных сталей — высокоуглеродистых, хромистых, молибденовых, нитрованных (азотированных).

Кольца из другого металла можно присоединять с помощью сварки, биметаллическим литьем, пайкой. Используют и другие технологические операции, например, механическую фиксацию колец в цилиндрических расточках полостей корпуса посредством запрессовки, крепление на резьбе или с помощью гайки. Важно, чтобы у материалов корпуса трубопроводной арматуры и уплотнительных поверхностей были как можно более близкие по значению коэффициенты линейного теплового расширения.

Часто материалом таких колец являются бронза и латунь. Бронза — медный сплав, в котором ни цинк, ни никель не являются основными легирующими элементами. Если не вдаваться в подробности, то сплав меди и цинка — это латунь, а сплав меди и никеля — монель-металл.

В оловянных бронзах основной легирующий элемент —олово. Но это не отменяет присутствия других элементов, прежде всего, свинца и цинка. В безоловянных бронзах олова нет или совсем мало. А вот видов безоловянных бронз много: получающая все большее распространение алюминиевая, бериллиевая, кремнистая, марганцевая, калиевая, магниевая, серебряная, хромовая, теллуровая[22,23].

Бронзы обладают хорошими антифрикционными свойствами; они отличаются коррозионной устойчивостью, и, будучи пластичными, технологичностью — хорошо поддаются таким широко применяемым в металлообработке процессам, как обработка металлов резанием и давлением. Еще одно достоинство бронз — способность образовывать сварные соединения.

Латунь — медный сплав, в котором главным легирующим элементом является цинк. Чем цинка больше, тем латунь прочнее и пластичнее. Добавление других легирующих элементов позволяет увеличить ее коррозионную стойкость. Латунь обладает хорошими трибологическими характеристиками, что для материалов уплотнений затворов трубопроводной арматуры особенно важно, поскольку для них вопросы трения и изнашивания имеют первостепенное значение. Как и бронза, латунь — высокотехнологичный, «легкий» в механической обработке материал[23].

Медно-никелевый сплав монель (монель-металл) существенно моложе бронзы и латуни — он был получен только в начале XX столетия. Его отличают хорошие механические свойства при температуре до более чем 500 °С и коррозионная стойкость в большинстве сред.

Для получения более твердой и износостойкой уплотнительной поверхности применяют наплавку уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры.

Дуговую наплавку можно выполнять электродами ЦН-6Л и ЦН-12. В химическом составе наплавляемого ими металла преобладает железо, но при этом достаточно много хрома (15—16%) и никеля (6—9%). Такая наплавка предполагает предварительный и сопутствующий подогрев металла, а сразу же

по ее окончании выполняется термическая обработка. Покрытие уплотнительных поверхностей чугунной арматуры хромоникелевой сталью позволяет повысить ее эксплуатационную стойкость как минимум вчетверо.

Электроды ЦН-2 используют для наплавки стеллита — сплава кобальта и хрома, содержащего примерно 4-5% вольфрама. Твердость наплавленного металла чрезвычайно высока — HRC 41,5-51,5(при использовании электродов ЦН-6Л она почти на треть меньше).Стеллит марки ВЗК наплавляется под слоем флюса в среде защитных газов.

Стеллит — уникальный материал. Наряду с высокой твердостью он обладает повышенной износостойкостью, вязкостью, коррозионной стойкостью и низким коэффициентом трения.

В формируемой посредством плазменной наплавки уплотнительной поверхности из сплавов ПГ-СР2 и ПГ-СР3 основным компонентом является никель.

Азотирование — насыщение азотом — делает поверхностный слой легированной стали (добавки — алюминий, хром, молибден) более твердым и стойким к воздействию коррозии. Азотированная сталь не боится непосредственного контакта с бензином, минеральными маслами, слабыми щелочными растворами, перегретым водяным паром, продуктами, выделяемыми при горении газов. Азотирование существенно повышает эрозионную устойчивость стали в потоках водяного пара и горячей воды. Значительно возрастает ее теплостойкость, при этом твердость сохраняется после воздействия высоких температур. Азотированная сталь более износостойкая, чем цементированная или закаленная.

Сормайт — твердый (около 50 HRC) сплав на основе железа, содержащий помимо углерода также кремний, марганец, никель, хром.

Наплавку сормайта выполняют как электродуговым способом, так и газовой сваркой пламенем с избытком ацетиленом.

Материалы для мягких уплотнений затвора.

Сегодня, благодаря развитию химических технологий, в качестве материалов для уплотнения широко используют мягкие неметаллические материалы.

Использование неметаллических уплотнительных материалов с низким модулем упругости позволяет обеспечить требуемую герметичность без значительных усилий уплотнения, сопровождающихся дополнительным нагружением узлов трубопроводной арматуры[23,24].

Сегодня фторопласт (он же — тефлон, политетрафторэтилен, материал уплотнения PTFE (Polytetrafluoroethylene)) получил чрезвычайно широкое распространение при устройстве уплотнительных поверхностей затворов запорной арматуры. Фторопласт обладает высокой химической стойкостью и почти безразличен к воздействию кислот, щелочей и растворителей. Он сохраняет свои физико-механические параметры в широком диапазоне температур, имеет низкий коэффициент трения. И при этом — экологически безвреден. Есть, правда, одно «но» — текучесть даже при сравнительно небольших нагрузках. Для улучшения физико-механических показателей его армируют стекловолокном или т. н. «углеволокном».

Перспективным материалом для изготовления уплотнений является термопласт РЕЕК (Poly-etheretherketone или Полиэфирэфиркетон), обладающий высокой износостойкостью и сохраняющий механические свойства при температуре до 300<sup>0</sup>С. Важное качество РЕЕК — устойчивость к воздействию водяного пара. Его использование позволяет получить износоустойчивое и термостойкое уплотнение.

Широкое распространение получили эластомеры — материалы, которые при приложении небольших усилий способны значительно деформироваться, а после снятия нагрузки немедленно возвращаться в исходное положение.

В качестве материала для уплотнений затворов трубопроводной арматуры используются различные резины. Высокой прочностью и хорошей сопротивляемостью к истиранию обладают резины на основе СКН (бутадиен-нитрильного каучука).



Достаточно широко для изготовления седловых уплотнений применяется EPDM — материал уплотнения, относящийся к синтетическим эластомерам. Этилен-пропиленовый каучук или этилен-пропилен-диен-каучук (аббревиатура EPDM означает Ethylene Propylene Diene Monomer rubber) отличается хорошими механическими свойствами и может работать в широком — от минус 500<sup>0</sup>С до плюс 150<sup>0</sup>С — температурном диапазоне. Материал устойчив к высокотемпературным и агрессивным рабочим средам — горячей воде, пару, щелочам. Русская аббревиатура — СКЭП (двойной) или СКЭПТ (тройной) этилен-пропиленовый каучук.

NBR— материал уплотнения, также являющийся эластомером, только на другой — акрил-нитрил-бутадиен-каучуковой — основе. Обладает высокой твердостью и достаточно высокой износостойкостью. В уплотнениях затворов трубопроводной арматуры также используется Н-NBR — гидрированный акрил-нитрил-бутадиен-каучук[24].

Сополимеризацией фторсодержащих мономеров получают т. н. фторкаучуки (или фторорганические каучуки, фторэластомеры). Присутствие фтора делает их термостойкими и устойчивыми к воздействию многих агрессивных сред. В России применительно к этим материалам используется аббревиатура СКФ. Материал уплотнения FKM (Fluorinated propylene monomer) и FPM (Fluorocarbon) — это разные у различных занимающихся стандартизацией организаций, названия одного и того же продукта. Материал уплотнения Viton— торговая марка. FKM (FPM) — материал уплотнения, имеющий набор важных качеств: высокую теплостойкость, хорошую износостойкость и стойкость к абразивному истиранию, химическую инертность.

В таблице 3.1 указаны основные технико-механические свойства материалов уплотнений рассмотренные в данном разделе.

Таблица 3.1– Основные технико-механические свойства

Свойства	Ед. изм.	NBR	H-NBR	FPM/FKM (виттон)	EPDM	PTFE (тефлон)	PEEK
жесткость	Шор А	85±5	85±5	83±5	85±5		
плотность	г/см <sup>3</sup>	1,31	1,22	2,30	1,22	2,17	1,32
100% напряжение	Н/мм <sup>2</sup>	>11	>10	>5	>9		
прочность на разрыв	Н/мм <sup>2</sup>	>16	>18	>8	>12	27	97
прочность на растяжение	%	>130	>180	>200	>110	300	>50
100°С /22ч	%	<15	<20		<15		
эластичность отдачи	%	28	29	7	38		
прочность на широкий разрыв	Н/мм <sup>2</sup>	20	30	21	15		
истирание / износ	мм <sup>3</sup>	90	90	150	120		
Минимальная температура	°С	-30	-25	-20	-50	-200	
Максимальная температура	°С	+100	+150	+200	+150	+260	+260

В качестве модернизации задвижки было принято ввести в систему уплотнения сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ).

Так как он проявляет уникальные механические свойства, которые представлены в таблице 3.2, обладает высокой износостойкостью, стойкостью к удару и истиранию и абразивному износу, превосходя по данным качествам другие полимеры и многие сорта стали. СВМПЭ имеет хорошие антифрикционные свойства, сравнимые с фторопластами и полиамидами.

Таблица 3.2 – Основные технико-механические свойства

Технические данные	СВМПЭ1000
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,930
Прочность при изгибе, МПа	25
Удлинение при изгибе, %	10
Удлинение при разрыве, %	350

Продолжение таблицы 3.2- Основные технико-механические свойства

Модуль прочности при растяжении, МПа	700
Ударопрочность, кДж/м <sup>2</sup>	без излома
Ударопрочность с надрезом, кДж/м <sup>2</sup>	80
Прочность при вдавливании шарика, МПа	45
Твердость по Шору, D	66
Козф. среднего теплового линейного удлинения, К-1	1,8 x 10 <sup>-4</sup>
Теплопроводность, Вт/м-К	0,38
Пожаростойкость	Нормально воспламеняемый
Прочность на пробой, кВ/мм	44
Спец. поверхностное сопротивление, Ом	1014
Диапазон рабочих температур, °С	от -160 до +100
Химическая сопротивляемость	высокая, при контакте со многими кислотами, щелочами и растворителями

Является морозостойким материалом, например, сохраняет высокую ударостойкость при минусовых температурах и сохраняет высокое значение ударной вязкости вплоть до -180°С. СВМПЭ обладает низкой газо и паро-проницаемостью.

Проницаемость СВМПЭ наименьшая для сильнополярных веществ и наибольшая для углеводородов, поэтому СВМПЭ выгодно отличается от других полимеров малой проницаемостью для воды и водяных паров.

В связи с этим изделия из СВМПЭ пригодны для использования не только во влажном воздухе, но и при непосредственном контакте с водой[25].

### 3.2 Техническое предложение

На основании проведенного анализа системы задвижек в целом, а также системы уплотнений, был произведен выбор шиберной задвижки ДУ-800, которая имеет следующие характеристики:

- Давление – 1,6 МПа
- Рабочая температура – NBR < 80°C, EPDM < 120°C
- Рабочая среда – холодная и горячая вода, агрессивные среды, углеводороды, воздух, сточные воды, сыпучие вещества.

Технические параметры:

- уплотнение – EPDM/NBR;
- корпус – чугун GGG40 ;
- гайка штока – BRASS;
- шпиндель – нерж. сталь 12Cr13/304;
- маховик – чугун GGG40;
- шибер – нерж. сталь 304/316;

В качестве основного технического решения для шиберной задвижки, работающей в условиях низких температур, было принято произвести замену уплотнения, выполненного из материала NBR, на сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ). Данный выбор был сделан на основе сравнения основных технико-механических свойств СВМПЭ и NBR, представленных в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Основные технико-механические свойства

Свойства		NBR	СВМПЭ
Истирание / износ	мм3	80	90
Прочность на разрыв	Н/мм2	20	30,9
Максимальная температура	°C	-30 +110	-160 +100

На приведенном ниже рисунке 3.1 показана зависимость срока службы уплотнений (в годах) NBR и СВМПЭ от рабочей температуры.

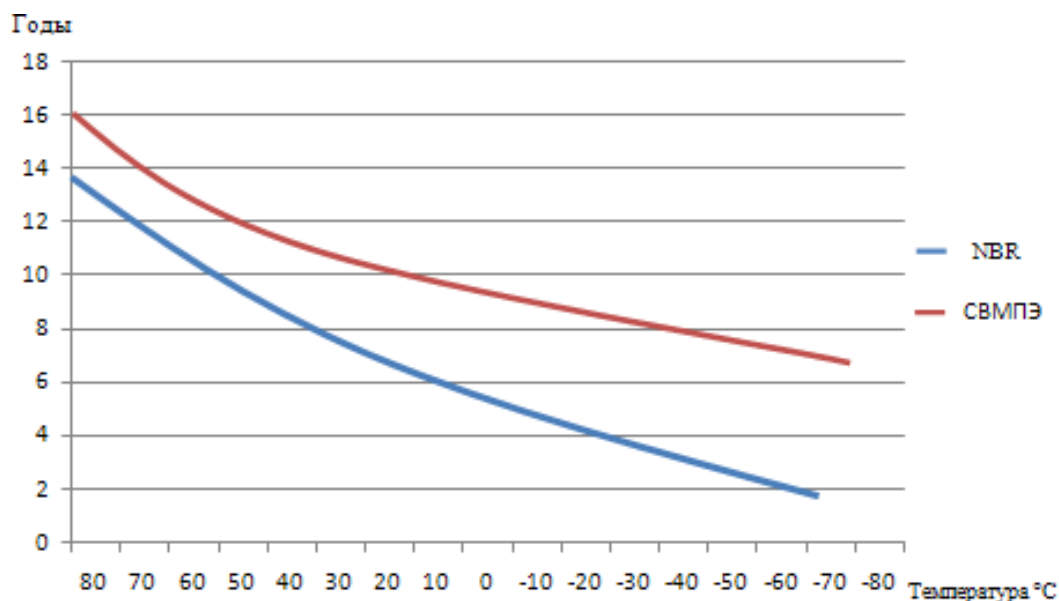


Рисунок 3.1 – Зависимость срока службы уплотнений от температуры

Как видно из этой зависимости, при понижении значения рабочей температуры, срок службы уплотнения СВМПЭ превышает NBR.

Анализ данных показал, что сверхвысокомолекулярный полиэтилен имеет большую износостойкость и прочность, а также превосходит NBR в морозостойкости.

### 3.3 Заключение к разделу

В ходе данного раздела была подробно рассмотрена система уплотнений, а также выявлено техническое предложение по модернизации уплотнения шиберной задвижки ДУ-800, с приведенными сравнительными характеристиками свойств выбранных материалов уплотнений. В результате, можно сделать вывод, что при применении сверхвысокомолекулярного полиэтилена в роли уплотнения, произойдёт уменьшение износа уплотнений при работе с абразивными средами и увеличение низкотемпературной надежности, и как следствие увеличение срока службы шиберной задвижки ДУ-800.

## 4 Расчет элементов шиберной задвижки ДУ-800

Задача расчетной части стоит в определении усилий, действующих на шибер и шпиндель шиберной задвижки, а также определение момента трения в резьбе шпинделя.

### 4.1 Усилие на шибер от давления среды

Исходные данные, необходимые для определения усилия на шибер от давления среды, представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные

Наименование параметра	Обозначение	Значение
Средний диаметр уплотнительного кольца	$D_{cp}$ , мм	830
Радиус выступа	$R$ , мм	7
Величина выступа	$S$ , мм	4
Диаметр канавки поршневого кольца:		
Наружный	$D$ , мм	850
Внутренний	$d$ , мм	828
Диаметр поршневого кольца	$dk$ , мм	14,5
Коэффициент трения	$\mu$	0,4
Количество пружин	$n_p$ , шт	24
Усилие одной пружины	$F_2$ , Н	800

Для определения усилия на шибер необходимо определить силу трения от кольца деформации и усилие от пружин, но для нахождения силы трения нам потребуются такие значения, как удельное давление на поршневом кольце, ширина контактной поверхности, сила трения кольца от деформации и деформация поршневого кольца, которая находится по формуле (4.1):

$$e = (dk - 0,5(d-D))/dk \quad (4.1)$$

$$e = (14,5 - 0,5(828-850))/14,5 = 24,1\%$$

Удельное давление на поршневом кольце определяется как:

$$p_k = 0,342 e^{0,52} \quad (4.2)$$

$$p_k = 0,342 \cdot 24,1^{0,52} = 1,79 \text{ МПа}$$

Ширина контактной поверхности:

$$b_k = 0,03 \text{ dk} \cdot e \quad (4.3)$$

$$b_k = 0,03 \cdot 14,5 \cdot 24,1 = 10,5 \text{ мм}$$

Определение силы трения кольца от деформации:

$$T_k = 3,14 \cdot \mu \cdot d \cdot p_k \cdot b_k \quad (4.4)$$

$$T_k = 3,14 \cdot 0,4 \cdot 828 \cdot 1,79 \cdot 10,5 = 20084 \text{ Н}$$

Усилие от пружин:

$$F = F_2 \text{ пр} \quad (4.5)$$

$$F = 800 \cdot 24 = 19200, \text{ Н}$$

Усилие, действующее на шибера от входного уплотнительного кольца, находится по формуле (4.6):

$$Q_{\text{ср}} U_1 = 0,785(D^2 - D_{\text{ср}}^2)(P_{\text{вх}} - P_{\text{кор}}) - T_k + F \quad (4.6)$$

$$Q_{\text{ср}} U_1 = 0,785(850^2 - 830^2)(1,6 - 0) - 20084 + 19200 = 165369 \text{ Н}$$

Усилие, действующее на шибера от выходного уплотнительного кольца:

$$Q_{\text{ср}} U_2 = 0,785(D^2 - D_{\text{ср}}^2)(P_{\text{вых}} - P_{\text{кор}}) + F \quad (4.7)$$

$$Q_{\text{ср}} U_2 = 0,785(850^2 - 830^2) \cdot 0 + 19200 = 19200 \text{ Н}$$

## 4.2 Усилие, необходимое для перемещения шибера

Исходные данные, для определения усилия, необходимое для перемещения шибера, представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Исходные данные

Наименование параметра	Обозначение	Значение
Вес шибера и шпинделя	Qg, Н	13840
К-т трения «сталь - полиуретан»	$\mu_1$	0,30
К-т трения «сталь бронза»	$\mu_2$	0,19

Сила трения при перемещении шибера от уплотнительных колец находится по формуле (4.8):

$$F1 = \mu_1 \cdot (Q_{cp} U1 + Q_{cp} U2) \quad (4.8)$$

$$F1 = 0,30 \cdot (165369 + 19200) = 55371 \text{ Н}$$

Сила трения при перемещении шибера от опорного кольца:

$$F2 = \mu_2 Q_{cp}, \quad (4.9)$$

где  $Q_{cp}$  – усилие, действующее на шибера от давления среды и находится по формуле (4.10):

$$Q_{cp} = 0,785 D^2 \cdot dp \quad (4.10)$$

$$Q_{cp} = 0,785 \cdot 850^2 \cdot 1,6 = 3574935 \text{ Н}$$

Тогда,

$$F2 = 0,19 \cdot 3574935 = 679238 \text{ Н}$$

Совместная сила трения при перемещении шибера:

$$F = F1 + F2 \quad (4.11)$$

$$F = 55371 + 679238 = 734608 \text{ Н}$$

### 4.3 Силы, действующие на шпиндель

Исходные данные, для определения сил, действующих на шпиндель, представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Исходные данные

Наименование параметра	Обозначение	Значение
Материал сальника	Манжеты	
Внутренний диаметр сальника	ds, мм	110
Высота манжеты сальника	s, мм	10

Сила трения в сальнике находится по формуле (4.12):

$$Ts = \pi \cdot ds \cdot s \cdot (P_{кор} + 2) \cdot \mu \quad (4.12)$$

$$Ts = 3,14 \cdot 110 \cdot 10 \cdot (0 + 2) \cdot 0,41 = 8605 \text{ Н}$$

Усилие, выталкивающее шпиндель от давления среды определяется как:

$$Qsp = 0,785 \cdot ds^2 \cdot dp \quad (4.13)$$

$$Qsp = 0,785 \cdot 110^2 \cdot 1,6 = 59871 \text{ Н}$$



Наибольшее усилие при открытии

$$Q_s = F + Q_{sp} + T_s - Q_g \quad (4.14)$$

$$Q_s = F + 59871 + 8605 - 13840 = 789244 \text{ Н}$$

#### 4.4 Момент трения в резьбе шпинделя

Исходные данные, для определения усилия, необходимое для перемещения шибера, представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Исходные данные

Наименование параметра	Обозначение	Значение
Диаметр резьбы	d, мм	100
Шаг резьбы	p, мм	12
Число заходов	n	2
Материал втулки	БрА10ЖЗМц2	
Коэффициент трения в резьбе	$\mu$	0,18

Для определения момента трения в резьбе, необходимо найти условное плечо момента трения, для которого необходимо знать средний диаметр резьбы.

Средний диаметр резьбы:

$$d_2 = d - 0,5p \quad (4.15)$$

$$d_2 = 100 - 0,5 \cdot 12 = 94 \text{ мм}$$

Условное плечо момента трения в резьбе:

$$L_r = 0,5 \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{12 \cdot 2}{\pi \cdot d_2} + \mu \right) \quad (4.16)$$

$$L_r = 0,5 \cdot 94 \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{p \cdot n}{3,14 \cdot 94} + 0,18 \right) = 12,5 \text{ мм}$$

Определение крутящего момента, который необходимо приложить к шпинделю при открытии:

$$M_{tr} = Q_s \cdot L_r, \quad (4.17)$$

где  $Q_s$  – наибольшее усилие при открытии, Н.

$$M_{tr} = 789244 \cdot 12,5 = 935579 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

#### **4.5 Заключение по разделу**

В результате расчета были получены такие показатели как усилие на шибер от давления среды ,усилие, необходимое для перемещения шибера, момент трения в резьбе шпинделя, силы, действующие на шпиндель. Можно сказать, что выбранная шиберная задвижка ДУ-800 удовлетворяет техническим требованиям, которые необходимы для управления задвижкой.

## **5 Технологическая часть**

### **5.1 Технология изготовления шибер**

Шибер – это металлическая пластина (или клин), которая при перекрытии потока может разделить механические включения, проходящие через заслонку. Благодаря этому подобные затворы используются на трубопроводах с разными средами: сухими, сыпучими смесями, тяжелыми нефтепродуктами, различными газами и прочими.

Его функции различаются в зависимости от области применения. Если шибер используется в системе трубопровода в качестве запорной арматуры, то он будет выполнять функцию ограничения движения жидкости (сыпучих смесей).

На конструкцию шиберов влияют многие факторы: температура транспортируемой среды, форма сечения трубы, условия прохода и т.д. Основой конструкции служит металлический лист разной толщины, перемещающийся в щелевом кармане или по направляющим уголкам[26].

Характеристика запорного органа шиберной задвижки ДУ800, представленной на рисунке 5.1, указана в таблице 5.1.

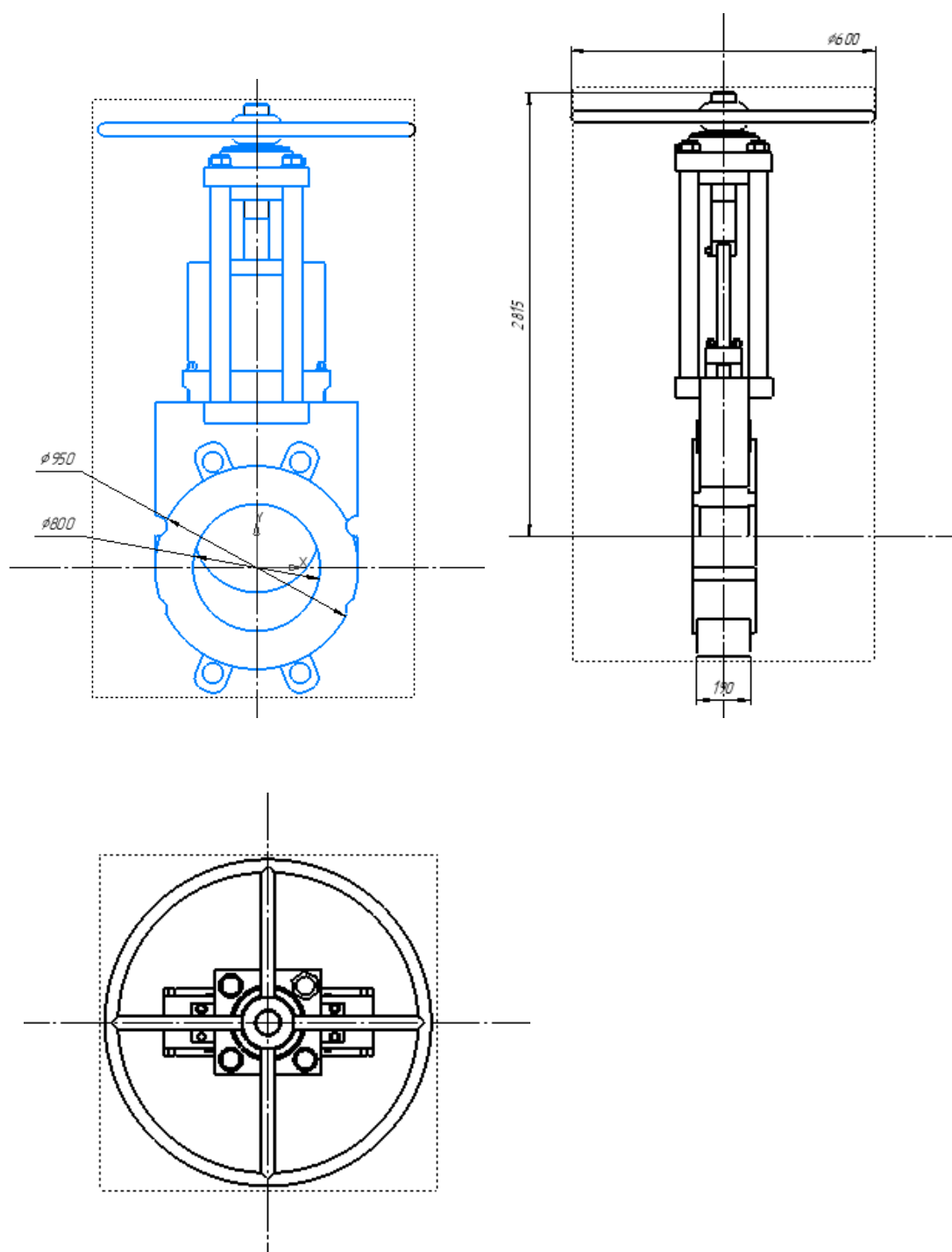


Рисунок 5.1 – Шиберная задвижка ДУ-800

Таблица 5.1 – Шибер запорного устройства ДУ-800

Характеристика	Значение
Диаметр шиберной заслонки, мм	800
Высота шибера, мм	2072
Ширина шибера, мм	859
Толщина шибера, мм	40
Вес, кг	0,22

### 1. Прокат шиберной плиты.

Метод формообразования шибера – прокат стали AISI 304 - стандартные спецификации на стальные поковки из углеродистой стали для трубопроводов.

Таблица 3 - Химический состав стали AISI 304

Химический элемент	Содержание, %
Кремний (Si)	0,1-0,35
Марганец (Mn)	0,6-1,05
Медь (Cu), не более	0,40
Никель (Ni), не более	0,40
Сера (S), не более	0,04
Углерод (C)	0,35
Фосфор (P), не более	0,035
Хром (Cr) не более	0,3
Молибден (Mo) не более	0,12
Железо (Fe)	остальное

Прокат указан на рисунке 5.2 и имеет размерность 2500×900×10 в соответствии с ГОСТ 19903-74 прокат листовой горячекатаный[27].

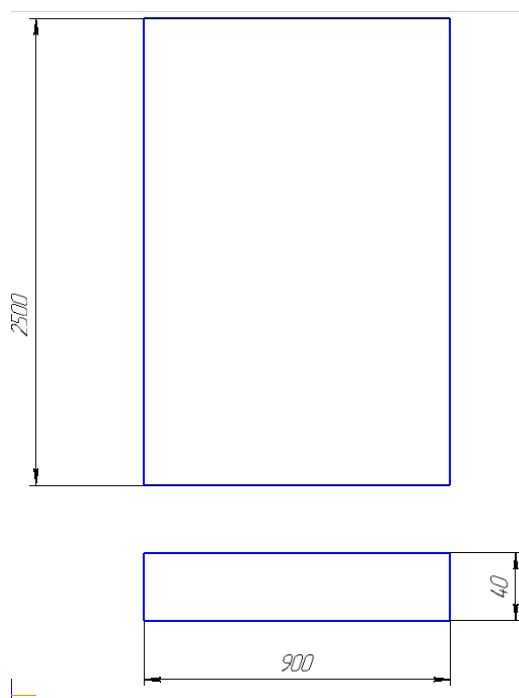


Рисунок 5.2 – Лист 2500×900×10

## 2. Операция лазерная резка.

Операция проводится на вертикальном лазерном станке, в соответствии с размерами на рисунке 5.3.

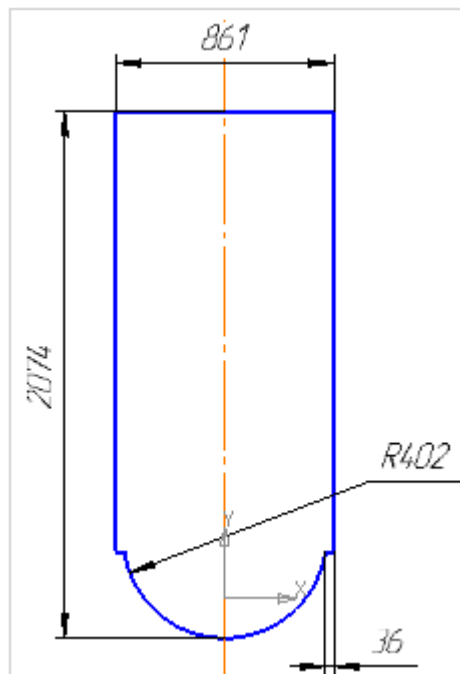


Рисунок 5.3 – Схема установки

На этой операции:

- вырезается контур из цельного куска листового проката, выдерживая размеры 2074; 36; 861;  $\varnothing$  802;
- устанавливается припуск 2 мм.

## 3. Сверлильная операция.

Сверление отверстий  $\varnothing 48$  для крепления к отверстию шпинделя показано на рисунке 5.4 и выполняется на сверлильном станке, выдерживая размеры : 56 ; 80.

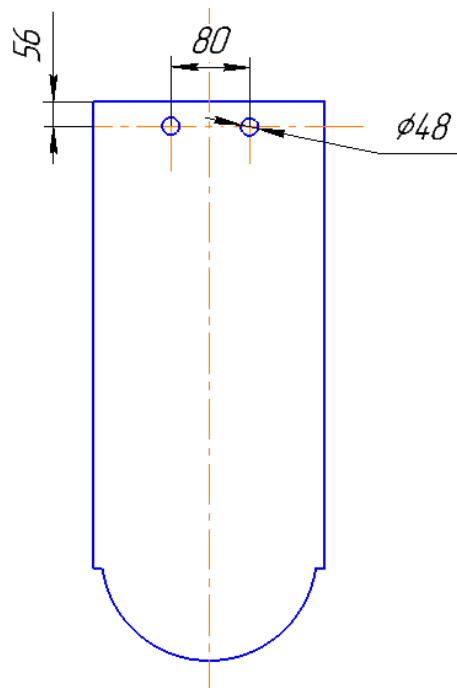


Рисунок 5.4 – Шибера с отверстиями для кронштейна шпинделя

#### 4. Обработка поверхности.

Поверхность шибера после резки зачищают по кромкам, при этом припуск в 2 мм убирается за одну операцию зачистки на зачистном станке, выдерживая размеры:  $\varnothing 6$ ; 107; 260; 160; 100; 3,5.

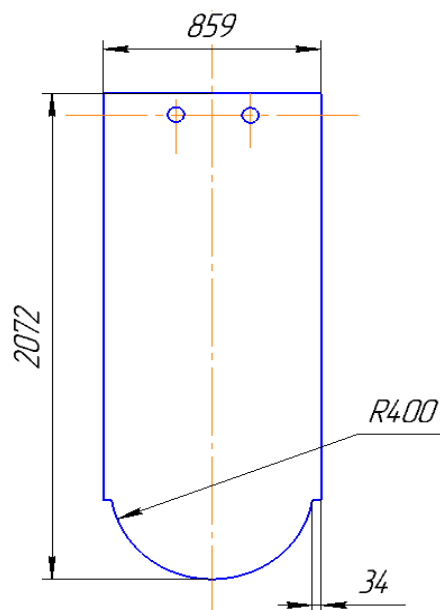


Рисунок 5.5 – Зачистка кромок

## 5. Пескоструйная обработка.

Пескоструйная обработка производится с целью окончательной зачистки и обезжиривания перед гальванической операцией. Осуществляется с помощью пескоструйного аппарата.

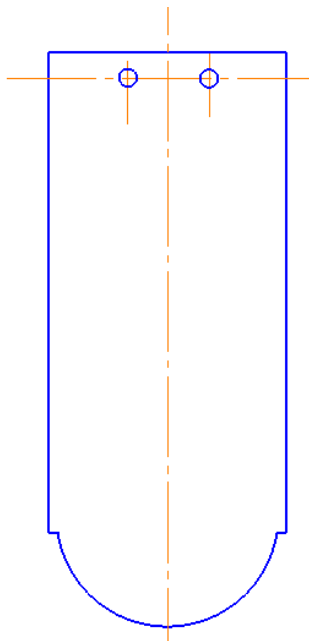


Рисунок 5.6- Пескоструйная обработка

## 6. Гальваническая операция.

Гальваническая операция всего шибера, путем полного опускания в гальваническую ванну.

### 5.2 Заключение к разделу

Шиберная задвижка является одним из важнейших узлов и предназначена для регулирования потока среды. Важнейшей частью шиберной задвижки является сам шибер.

В данном разделе мы рассмотрели технологию изготовления шибера, а именно произвели прокат шиберной плиты, операцию лазерной резки, сверление, обработку поверхности, пескоструйную обработку и гальваническую операцию.



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной работе, были рассмотрены такие аспекты как: виды запорного оборудования, система задвижек, система уплотнений, технология ремонта шиберной задвижки, произведен расчет основных силовых показателей выбранной нами задвижки, освещена технология изготовления шибера, а также произведено усовершенствование шиберной задвижки, которое заключается в замене её уплотнения. Данный выбор был сделан на основе анализа технико-механических свойств уплотнений.

В неблагоприятных климатических условиях, таких как в северной части России, где температура может опускаться до  $-70$  необходима безотказная запорная арматура, которая предотвратит аварию, а с ней утечку и экологическую аварию или даже катастрофу. Поэтому вопрос совершенствования запорного оборудования является актуальным и по сей день.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Никищенко С.Л. Нефтегазопромысловое оборудование: Учебное пособие. - Волгоград: Издательство «Ин-Фолио», 2008. – 416 с.
2. Волощук Г.М. Оборудование для добычи нефти. - Ухта: УГТУ, 2008. – 143с.
3. Д.Ф. Гуревич, О.Н. Шпаков. Справочник конструктора трубопроводной арматуры. Ленинград, «Машиностроение», ленинградское отделение, 1987. – 516 с.
4. ГОСТ 9544-2015 Арматура трубопроводная. Нормы герметичности затворов. – Введ. 01.04.2016. – Москва: Стандартиформ, 2015. – 54с.
5. Ю.М. Котелевский, Л.И. Экслер, И.Г. Фукс, Г.В. Мамонтов, Л.Н. Нисман. Современные конструкции трубопроводной арматуры для нефти и газа. Москва: Недра, 1970. – 496с.
6. ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов».
7. Имбрицкий М.И. Краткий справочник по трубопроводной арматуре. М.: Энергия, 1969. – 168с.
8. ГОСТ Р 55020-2012 Арматура трубопроводная. Задвижки шиберные для магистральных нефтепроводов. Общие технические условия– Введ. 01.03.2013. – Москва: Стандартиформ, 2013. – 76с.
9. РД 34.39.601 «Руководство по ремонту трубопроводной арматуры на давление 64-100 кгс/см<sup>2</sup>».
10. СТ ЦКБА 099-2011 «Арматура трубопроводная. Ремонт. Организация ремонта и общее руководство по ремонту».
11. Мустафин Ф.М. Трубопроводная арматура: Учебное пособие / Ф.М. Мустафин, А.Г. Гумеров и др. – Уфа: ГУП РБ УПК, УГНТУ, 2007. – 326 с.
12. Понгильский А.Ф. Слесарь по ремонту трубопроводов и пароводяной арматуры.: Учеб. пособие/ А.Ф. Понгильский. – М.: Высшая школа, 1973. – 272 с.

13. Справочник машиностроителя. В 6 т. Т. 4. кн. 1 / гл. ред. Н.С. Ачеркана. – М.: машиностроение, 1962. – 448 с.
14. В.Н.Ивановский, В.И. Дарищев, А.А. Сабиров, В.С.Каштанов, С.С.Пекин – Оборудование для добычи нефти и газа. М.: Изд-во «Нефть и газ РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина», 2002. – 824 с.
15. РД 153-34.1-39.603-99 «Руководство по ремонту арматуры высоких параметров».
16. ГОСТ Р 53402-2009 Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытаний. – Введ. 30.09.2009. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 90с.
17. ГОСТ 10877-76 Масло консервационное К-17. – Введ. 01.01.1977. – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1977. – 4с.
18. ГОСТ 19537-83 Смазка пушечная. Технические условия (с Изменениями N 1, 2). – Введ. 01.01.1985. – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 5с.
19. СТ ЦКБА 034-2006 Арматура трубопроводная. Уплотнения сальниковые. Нормы герметичности. – Издан:Техническим комитетом по стандартизации Трубопроводная арматура и сильфоны (ТК 259),2007. – 136 с.
20. ГОСТ 33257-2015 Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытаний. – Введ. 01.04.2016. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 52с.
21. Альшиц И. Я., Благов Б. Н. Проектирование деталей из пластмасс. Справочник., Изд. 2-е, «Машиностроение», 1977 – 215 с.
22. Аврущенко Б. Х. Резиновые уплотнители, «Химия», 1978. – 136 с.
23. Корнев А. Е., Буканов А. М., Шевердяев О. Н. Технология эластомерных материалов. М.: НППА «Истек», 2005. – 508 с.
24. Башкатов Т. В., Жигалин Я. Л. Технология синтетических каучуков. Л.: Химия, 1987. – 360 с.
25. Пат. 2471552 РФ, МПК 51 С 01 Катализатор для получения сверхвысокомолекулярного полиэтилена / заявитель и патенто-обладатель Захаров В.А., Никитин В.Е.,Селютин Г.Е. – заявл. 25.10.11 ; опубл. 10.01.03. - 6 с.

26. ГОСТ 9698-86 Задвижки. Основные параметры – Введ. 01.01.1988. – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. – 6с.

27. ГОСТ 19903-74 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент (с Изменениями N 1-6) – Введ. 01.09.2016. – Москва: Стандартиформ, 2016. – 43с.

28. СТО 4.2-07-2014. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности [текст] / разработ. Е. Н. Осокин, Л. В. Белошапко, М. И. Губанов. – Введ. 09.01.2014. – Красноярск: ПЦ БИК СФУ, 2014. – 60 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

### **ГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

- 1) Шиберная задвижка ДУ-800. – Сборочный чертёж. (1 лист, формат А1)
- 2) Спецификация к сборочному чертежу (1 лист, формат А4)
- 3) Шибер. (1 лист, формат А4)
- 4) Уплотнение. (1 лист, формат А4)
- 5) Шпиндель. (1 лист, формат А4)
- 6) Ходовая гайка. (1 лист, формат А4)


Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Э.А. Петровский  
« 06 » июня 2017 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

21.03.01 «Нефтегазовое дело»

21.03.01.07 «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов  
нефтегазового производства»

Модернизация запорного оборудования

Руководитель



к.т.н., доцент

01.06.2017 А.К. Данилов

Выпускник

05.06.2017 К.В. Жуйкова

Красноярск 2017